



## IN DIT NUMMER

PAG. 1 EN 4

PROJECTPLANNING ONDER ONZEKERHEID

Willy Herroelen, Erik Demeulemeester en Roel Leus

PAG. 2-3

BUSINESS PROCESS MANAGEMENT:  
WHAT'S IN A NAME?

Monique Snoeck en Manu De Backer

Projectplanning  
onder onzekerheid

## Het opstellen van robuuste basisplannen

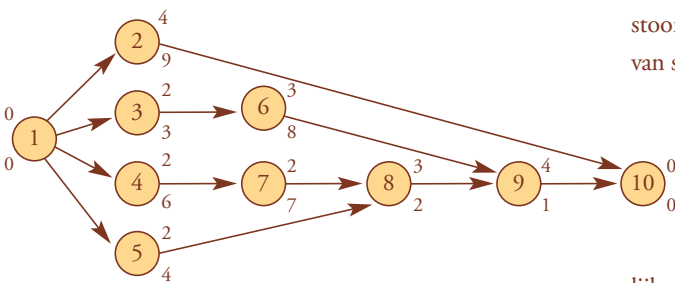
WILLY HERROELEN,  
ERIK DEMEULEMEESTER  
EN ROEL LEUS

PROJECTEN DIE TE LAAT EN/OF MET BUDGETOVERSCHRIJDING WORDEN AFGEWERKT ZIJN LEGIO. AL TE VAAK MOET DE REDEN WORDEN GEZOCHT BIJ EEN GEBREKKIGE PROJECTPLANNING: DE TRADITIONELE COMMERCIELE PROJECTPLANNINGSSOFTWARE VALT TERUG OP EENVOUDIGE PRIORITEITSREGELS VOOR HET OPSTELLEN VAN EEN BASISPLAN DAT NIET DE MINIMALE GEPLANDE PROJECTDUUR GARANDEERT EN NIET BEVEILIGD IS TEGEN MOGELIJKE VERSTORINGEN TIJDENS DE PROJECTUITVOERING. RECENT GELANCEERDE COMMERCIELE SOFTWARE TRACHT VIA HET INLASSEN VAN TIJDSBUFFERS IN HET BASISPLAN MOGELIJKE VERSTORINGEN OP TE VANGEN. DE ONDERLIGGENDE LOGICA BESCHERMT DE GEPLANDE EINDDATUM VAN HET PROJECT, MAAR GARANDEERT GEENSZINS EEN STABIEL BASISPLAN.

De meeste onderzoeksinspanningen die de laatste jaren binnen het domein van de projectplanning werden geleverd, waren gericht op het opstellen van een werkbaar *basisplan* dat een zo kort mogelijke projectduur oplevert, gegeven de beperkingen op de bewerkingsvolgorde en de

beschikbare hulpmiddelen (Demeulemeester & Herroelen (2002)). Daarbij werd meestal een deterministische omgeving ondersteld.

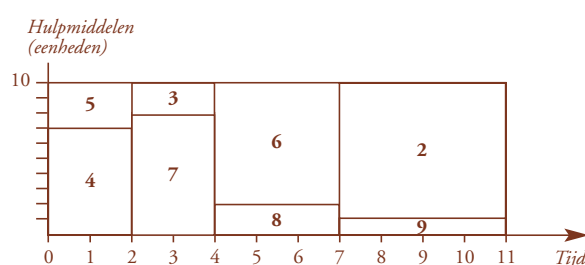
In het projectnetwerk in Figuur 1 geven de knooppunten de samenstellende activiteiten van het project weer, de pijlen duiden op onderlinge volgordebepalingen. De verwachte duur van een activiteit staat aangegeven boven het bijhorende knooppunt. Onderaan een knooppunt vinden we het aantal eenheden van een hulpmiddel (bijvoorbeeld arbeiders) dat voor de afwerking van de activiteit per periode is vereist. Activiteit 9, bijvoorbeeld, kan starten zodra de voorgangers, activiteiten 6 en 8, zijn afgewerkt. Zij heeft een geplande duur van 4 periodes en vereist per periode de inzet van één eenheid van het hulpmiddel. Per periode kunnen 10 eenheden van het hulpmiddel worden ingezet (uiteraard kunnen in de praktijk meerdere hulpmiddelentypes nodig zijn voor de projectuitvoering). De activiteiten 1 en 10 stellen respectievelijk het start- en eindtijdstip van het project voor en hebben een duur nul.



Figuur 1. Activiteitennetwerk voor het voorbeeldproject

Figuur 2 geeft een basisplan met minimale duur, hier toevallig gelijk aan de lengte van het langste pad <1-4-7-8-9-10> doorheen het netwerk, het zogenaamde *kritieke pad*, dat een benedengrens vormt op de minimale doorlooptijd

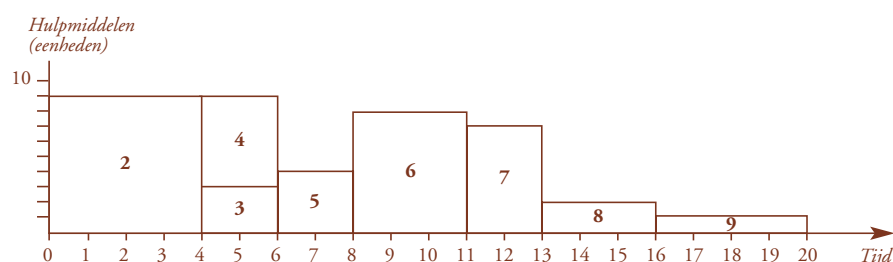
van een projectplan dat de gelimiteerde hulpmiddelenbeschikbaarheid in rekening neemt.



Figuur 2. Basisplan met minimale duur en afgevlakt hulpmiddelenprofiel

Het basisplan van Figuur 2 heeft dan wel een minimale duur, maar het plan is allesbehalve *robuust*: de kleinste verstoring tijdens de projectuitvoering (bijvoorbeeld, activiteiten die langer duren dan gepland, hulpmiddelen-eenheden die uitvallen) zorgt voor een afwijking van het basisplan en een overschrijding van de geplande einddatum. De gevolgen zijn aanzienlijk: het niet respecteren van de geplande einddatum, een ontevreden klant en coördinatieproblemen in de toeleveringsketen (verstoorte hulpmiddelenallocatie, toeleveranciers die niet van start kunnen gaan op de geplande datum, enz.).

Vaak ontbreekt het een bedrijf aan de nodige knowhow op het vlak van projectplanning of stelt een bedrijf zich tevreden met een tijdsplanning zonder oog te hebben voor mogelijke capaciteitsbeperkingen. De commerciële planningssoftware dweept bij het opstellen van basisplannen met eenvoudige vuistregels die vaak een plan opleveren van matige kwaliteit. Activeren van de "early start" regel bij het pakket SureTrak®, bijvoorbeeld, levert het basisplan op van Figuur 3. De voorgestelde projectduur bedraagt nu 20 periodes, een verhoging met meer dan 80%.



Figuur 3. SureTrak® basisplan opgesteld met de "early start" heuristiek

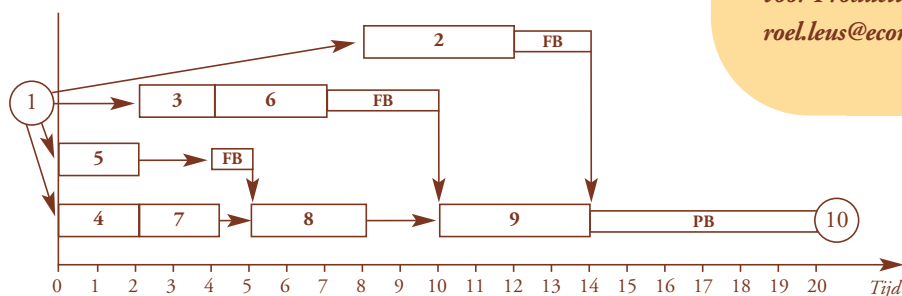
Er bestaat in de dagelijkse bedrijfspraktijk een dwingende behoefte aan projectplanningsmethoden die toelaten om basisplannen op te stellen met competitieve doorlooptijd, die kunnen worden afgewerkt binnen de vooropgestelde uitvoeringstermijn en tegen minimale kosten (Herroelen en Leus (2005)). Tevens moet het basisplan *stabiel* zijn, in die zin dat de starttijdstippen van de individuele activiteiten, en niet alleen het opleveringstijdstip van het project, worden beveiligd. Een stabiel plan laat toe om afspraken te maken met leveranciers en onderaannemers en belet dat hulpmiddelen die gedeeld worden door verschillende projecten een kettingreactie van verstoringen zouden veroorzaken doorheen de projectportfolio, wanneer zich kleine duurtijdfluctuaties voordoen (stabiliteit kan dus gezien worden als tegenhanger van wat men wel eens omschrijft als *nervositeit* in het systeem).

## DE CRITICAL CHAIN HYPE

De recente commerciële software gebaseerd op de *critical chain* methodologie van Goldratt (1997), zoals ProChain® (www.prochain.com), cc-Pulse® (www.sphericalangle.com), CCPM+ (www.advanced-projects.com) en PS Suite (www.sciforma.com)), genereert langs suboptimale weg een aanvaardbaar basisplan op basis van agressieve schattingen van de activiteitsduur. De *critical chain* (CC) wordt daarbij gedefinieerd als de ketting van volgorde- en hulpmiddelenafhankelijke activiteiten die de globale duur van het project bepaalt. Zijn er meerdere dergelijke kettingen, dan wordt er willekeurig één uitgepikt. Achteraan deze kritieke ketting wordt een *projectbuffer* (PB) geplaatst die de geplande einddatum van het project moet beschermen tegen mogelijke verstoringen van de activiteiten in de CC. *Feeding buffers* (FB) worden ingelast op de plaatsen waar een niet-kritieke ketting de CC ontmoet. Deze buffers moeten de CC beschermen tegen mogelijke verstoringen van activiteiten in de niet-kritieke kettingen.

De basisidee achter de introductie van tijdsbuffers is dat overtoollige bescherming in individuele activiteitsduurschattingen wordt geëlimineerd (en dus agressieve duurtijden worden gehanteerd), zodanig dat de beschikbare veiligheidsduur beter wordt gevisualiseerd. Op geaggregeerde basis zal de benodigde tijd ook kleiner kunnen zijn omdat stochastische fluctuaties elkaar al voor een deel compenseren doorheen de kettingen.

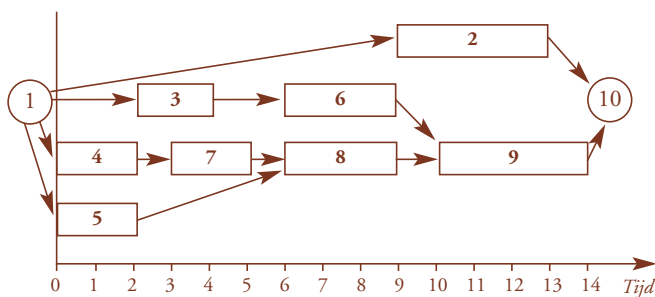
Op het eerste zicht lijkt het opstellen van een robuust basisplan een fluitje van een cent. Figuur 4 toont het basisplan dat door middel van de ProChain® software werd opgesteld voor het projectvoorbeeld van Figuur 1. De software plaatst een projectbuffer achteraan de kritieke ketting <1-4-7-8-9> die de geplande einddatum (tijdstip 20) moet beschermen tegen verstoringen in de CC. De feeding buffer achter de activiteiten 2, 5 en 6 beveiligd de projectbuffer tegen verstoringen in de activiteit 2, de activiteit 9 tegen verstoringen in de ketting <3,6> en de activiteit 8 tegen verstoringen in de activiteit 5.



Figuur 4. ProChain® plan met projectbuffer (PB) en feeding buffers (FB)

## OP WEG NAAR EEN PROACTIEF-REACTIEF PLANNINGSSYSTEEM

Een onderzoeksteam van het Centrum voor Productie en logistiek (prof. W. Herroelen, prof. E. Demeulemeester, dr. R. Leus, K. Braeckmans, J. Herbots, O. Lambrechts en S. Van de Vonder) ontwikkelt in het kader van de FWO- en OT-onderzoeksprojecten, gefinancierd door het F.W.O.-Vlaanderen en de K.U.Leuven, bruikbare exacte methoden en suboptimale algoritmen om, uitgaande van een risico-analyse en in samenspel met passende reactieve methoden, *stabiele* basisplannen op te stellen. Figuur 5 toont een dergelijk beveiligd plan voor dezelfde tijdshorizon van 14 perioden. Bemerkt dat het basisplan nu strategisch geplaatste tijdsopeningen (buffers) vertoont, zodat, in vergelijking met Figuur 4, kleine verlengingen in de duur van een activiteit met één of twee perioden, veel minder impact hebben op de geplande starttijdstippen.



Figuur 5. Beveiligd basisplan voor het projectvoorbeeld van Figuur 1

De tekortkomingen van de CC-methodologie worden uitvoerig geanalyseerd in Herroelen & Leus (2001) en Herroelen et al. (2002). Figuur 4 legt er enkele bloot. Zo vertoont de door de software gekozen kritieke ketting <1,4,7,8,9> onnodige gaten en bepaalt ze bijgevolg helemaal niet de projectduur. De opening in het basisplan

tussen de activiteiten 7 en 8, eigenlijk een tijdsbuffer, is totaal overbodig. De feeding buffer vóór activiteit 8 is overbodig en zal pas worden gepenetreerd nadat activiteit 5 meer dan twee perioden vertraging heeft opgelopen. Ondanks de ingevoegde tijdsbuffers blinkt het basisplan niet uit door stabiliteit. Een vertraging van activiteit 5, bijvoorbeeld, zorgt onmiddellijk voor een hulpmiddelenconflict. Dit gebeurt zonder bufferpenetratie en bijgevolg ook zonder waarschuwingssignaal. Verstoringen in de activiteiten 3, 4, 7 en 8 leiden onmiddellijk tot hulpmiddelenconflicten en/of verstoringen in de starttijdstippen van andere projectactiviteiten. De CC-methodologie is duidelijk niet de wonderzalf om projecten te beschermen tegen onzekerheidsgrillen en vormt slechts een eerste stap in de richting van bescherming tegen onzekerheid. De problematiek is zeer complex (Leus en Herroelen (2005)); onderzoek naar betere planningszalfjes om de planningspijn te verzachten is dan ook meer dan verantwoord.

Ons einddoel is om software voort te brengen die de eindgebruiker toelaat om een stabiele capaciteitstoewijzing op te zetten, zodat projecten kunnen worden afgewerkt binnen de geplande uitvoeringstermijn en tegen de laagst mogelijke kosten.

**WILLY HERROELEN**  
is als gewoon hoogleraar verbonden  
aan het Onderzoekscentrum  
voor Productie en logistiek  
willy.herroelen@econ.kuleuven.be



**ERIK DEMEULEMEESTER**  
is als gewoon hoogleraar verbonden  
aan het Onderzoekscentrum voor  
Productie en logistiek  
erik.demeulemeester@econ.kuleuven.be



**ROEL LEUS**  
is als FWO-postdoc verbonden  
aan het Onderzoekscentrum  
voor Productie en logistiek  
roel.leus@econ.kuleuven.be



## REFERENTIES:

- Demeulemeester, E. en W. Herroelen, 2002, *Project scheduling – A research handbook*, International Series in Operations Research and Management Science, 49, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Goldratt, E.M., 1997, *Critical chain*, The North River Press, Great Barrington, U.S.A.
- Herroelen, W. en R. Leus, 2001, On the merits and pitfalls of critical chain scheduling, *Journal of Operations Management*, 19, 559-577.
- Herroelen, W. en R. Leus, 2004, Robust and reactive project scheduling: A review and classification of procedures, *International Journal of Production Research*, 42, 1599-1620.
- Herroelen, W. en R. Leus, 2004, The construction of stable baseline schedules, *European Journal of Operational Research*, 156, 550-565.
- Herroelen, W. en R. Leus, 2005, Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials, *European Journal of Operational Research*, 165, 289-306.
- Herroelen, W., R. Leus en E. Demeulemeester, 2002, Critical chain project scheduling – Do not oversimplify, *Project Management Journal*, 33, 46-60.
- Leus, R. en W. Herroelen, 2004, Stability and resource allocation in project planning, *IIE Transactions*, 36, 667-682.
- Leus, R. en W. Herroelen, 2004, A branch-and-bound algorithm for stable scheduling in single-machine production systems, DTEW Research Report 0428, K.U.Leuven.
- Leus, R. en W. Herroelen, 2005, The complexity of machine scheduling for stability with a single disrupted job, *Operations Research Letters*, 33, 151-156.
- Van de Vonder, S., Demeulemeester, E., W. Herroelen en R. Leus, 2005, The use of buffers in project management: The trade-off between stability and makespan, *International Journal of Production Economics*, to be published.
- Van de Vonder, S., Demeulemeester, E. en W. Herroelen, 2004, An investigation of efficient and effective predictive-reactive project scheduling procedures, DTEW Research report 0466, K.U.Leuven.

## CENTRUM VOOR TOEGEPAST ECONOMISCH ONDERZOEK

Voor informatie over onderzoek (groepen, seminars, jaarverslag), bezoek de website van het Centrum voor Toegepast Economisch Onderzoek: [www.econ.kuleuven.be/cteo/](http://www.econ.kuleuven.be/cteo/)

Een lijst van onderzoeksrapporten met abstract is beschikbaar op: [www.econ.kuleuven.be/cteo/reports/](http://www.econ.kuleuven.be/cteo/reports/)

Reacties op Business IN-zicht zijn altijd welkom bij Filip Roodhooft  
([filip.roodhooft@econ.kuleuven.be](mailto:filip.roodhooft@econ.kuleuven.be))

Voor een gratis abonnement op Business IN-zicht contacteer:  
[elke.tweepenninckx@econ.kuleuven.be](mailto:elke.tweepenninckx@econ.kuleuven.be)

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT  
TEIT